

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：43109

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25463045

研究課題名(和文) 低エネルギー電子線照射が医療機関における滅菌処理の効率化、環境浄化に貢献する

研究課題名(英文) The efficiency of low-energy electron beam irradiation sterilization in medical institution

研究代表者

野村 章子 (akiko, nomura)

明倫短期大学・歯科技工士学科・教授

研究者番号：80134948

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：低エネルギー電子線は、照射された材料の発熱が小さく、材料の損傷を抑制できるなどの特徴を有する。本研究では、一回のLEB照射滅菌が純チタン表面におよぼす影響について、オートクレーブ滅菌および低温ガスプラズマ滅菌と比較検討した。反射電子像観察の結果、LEB照射滅菌と低温ガスプラズマ滅菌した試料では表面形態に変化は見られなかったのに対し、オートクレーブ滅菌した試料では表面あれが観察された。元素マッピングからは、いずれの滅菌処理においても試料表面における各元素濃度の変化は見られなかった。以上から、一回のLEB照射による滅菌操作は、純チタンに表面あれを引き起こさず、オートクレーブと対照的であった。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to compare the effects of low-energy electron beam (LEB) irradiation sterilization on cp titanium surface with autoclave and hydrogen peroxide plasma discharging sterilization at low temperature. Mirror-polished, cp titanium disks were sterilized by those three sterilization methods only once. The backscattered electron image and element mapping were analyzed using electron probe micro analyzer. No surface topographical changes were observed on the disks sterilized with LEB, however, the surface was roughened only when autoclaved. There were no differences in the element concentrations of Ti, O, C and Si among those sterilization methods. Therefore, the single sterilization with LEB caused minimal damage on the cp titanium surface.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：低エネルギー電子線滅菌 低温ガスプラズマ滅菌 オートクレーブ滅菌 純チタン

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 電子線滅菌は運動エネルギーをもった電子が作用し、細胞の直接障害や細胞内水分子の活性化により生物を殺滅する手法である。電子線は取扱専用施設では60年以上利用されているが、高エネルギーであるため、大型設備で、従事者の被曝防御や取扱い操作の難点から普及が進んでいない。一方で、近年開発された低エネルギー電子線照射装置 (EB-ENGINE, EES-S-MJC01, HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) は低出力であるため、その特徴は表に示すように熱を伴わない常温反応であり、エネルギー利用効率が高く、ターゲット物質へのエネルギー付与率が高いので、紫外線 (UV) や熱反応に比べて高速処理が可能である。

項目	LEB	UV	熱
エネルギー (eV)	50k以上	3~7	0.01~0.1
エネルギー利用効率 (%)	40~90%	10%	1%以下
温度上昇	微少	中	大
雰囲気温度 (°C)	室温	40~80	80~250
溶剤	不要	不要	必要
反応開始時間	不要	必須	必要
装置の規模	小	小	大

## 2. 研究の目的

低エネルギー電子線照射が、高圧蒸気滅菌法、薬液消毒や毒性の高いエチレンオキシドガスに代替し、無発熱、高速処理、エネルギー効率の良い、低エネルギー電子線照射が医療材料や器具の劣化を抑えるために有効であるかについて明らかにする。

(1) 生体に埋入されるチタンには滅菌処理が必要である。当然のことながら、この処理によるチタンへのダメージは小さいことが望まれる。しかし、タングステンカーバイドバー (主成分: 炭化タングステン、金属コバルト) は、一般的な滅菌方法である高圧蒸気滅菌法によって表面にダメージを受けることから、チタンも滅菌処理によってダメージを受けることが予想される。高圧蒸気滅菌法と低エネルギー電子線照射による滅菌を行い、チタン平板試料表面に対するダメージのより小さい滅菌方法について化学的観点から検討する。

電子線照射条件は、照射チャンパー内部の酸素濃度 (窒素ガス置換) 電子線の管電圧、管電流、照射距離と時間の電子線照射条件を変えながら、試料表面における電子線照射線量を測定することにより明確にする。

(2) 実施した研究手法に基づいて、チタン平板状試料に対するダメージのより小さい滅菌方法について、

物理的観点から検討する。

(3) チタン表面観察の結果から、高圧蒸気滅菌法と比較した低エネルギー電子線照射条件を評価し、滅菌コストを削減する有効性を検討する。

## 3. 研究の方法

(1) 我々研究グループが浜松ホトニクス株式会社と共同開発した、均一照射回転機構を内蔵する歯科用低エネルギー電子線照射システム (EES-S-MJC01, HAMAMATSU PHOTONICS K.K. & MEIRIN COLLEGE) を使用した。



(2) 低エネルギー電子線の照射が樹脂の重合改質にも関与するので、予備実験として、ターゲット物質表面に与える影響の有無について、ポリメチルメタクリレートレジンの吸水性、表面硬さ、接着性および曲げ特性を指標として物性実験を行った。その実験データを分析することにより、滅菌にも応用可能な電子線照射条件を検討した。

### (3) チタン平板状試料に対する電子線照射

直径 25 mm, 高さ 4.5 mm の円盤状純チタン (歯科用純チタン A, JIS2 種相当, モリタ) の片面を耐水研磨紙で研磨後、コロイダルシリカで鏡面研磨した。分析エリアの指標とするために、研磨面にマーカー用の十字形けがき線を描記した後、アセトンおよび蒸留水中でそれぞれ 600 s 間、超音波洗浄した。

次に、以下に示す 1~3 の滅菌処理をそれぞれ行った。試料数は各滅菌処理について 3 個とした。

a. LEB 照射滅菌: 照射条件は管電圧 110 kV、管電流 25  $\mu$ A、照射 (滅菌) 時間 0.05 s、照射距離 23.5 mm、吸収線量 6.5 kGy、酸素濃度 100 ppm とした。

b. オートクレーブ滅菌: オートクレーブ (VSCH-G, サクラ精機) を用い、135°C、4,500 s (うち滅菌時間 600 s) の工程で滅菌した。

c. 低温ガスプラズマ滅菌: 低温ガスプラズマ滅菌装置 (ステラッド 100S, ジョンソン・エンド・ジョンソン) を用い、45°C、3,240 s (うちプラズマ滅菌 120 s×2 回) の工程で滅菌した。

分析は、電子線マイクロアナライザー (EPMA-8705, 島津, 以下, EPMA) によって、反射電子像の観察と Ti、O、C と Si の元素マッピングを行った。なお、EPMA 分析を行うと分析エリアには炭素が付着するので、同一エリアを分析すると元素濃度の結果に悪影響が出ることがあるため、滅菌の前後で分析エリアを変えた。

#### 4. 研究の成果

(1) 低エネルギー電子線照射によるポリメチルメタクリレートレジンの吸水性、表面硬さ、接着性および曲げ特性を指標とした物性実験の結果から、吸水性と表面硬さへの影響は非常に小さく、その一方で接着性は向上し、さらに曲げ強さについては増加したが弾性係数では有意差を認めなかった。

(2) 反射電子像観察の結果から、LEB 照射滅菌と低温ガスプラズマ滅菌した試料では表面形態に変化は見られなかったのに対し、オートクレーブ滅菌した試料では表面あれが観察された。一方、元素マッピングからは、いずれの滅菌処理においても試料表面における各元素濃度の変化は見られなかった。検出された Si は研磨材由来と思われた。

以上から、一回の LEB 照射による滅菌操作は、純チタンに表面あれを引き起こさず、オートクレーブと対照的であった。また、本実験では一回の LEB 照射滅菌と低温ガスプラズマ滅菌が純チタン表面に及ぼす影響の違いは観察されなかった。

(3) 電子線照射は、工業や医療の分野などで応用されている。高エネルギー電子線に比べて低エネルギー電子線は、照射された材料の発熱が小さく、材料の損傷を抑制できるなどの特徴を有することから、低エネルギー電子線 (LEB) 照射を歯科に応用する研究を行ってきた。その一つとして、LEB 照射により滅菌が可能であることを報告した。オートクレーブ滅菌や過酸化水素を用いる低温ガスプラズマ滅菌によって歯科用タングステンカーバイドバーの表面に孔食、あるいは多数の亀裂を伴う腐食生成物層を生じることを報告した。すなわち、生体に応用される純チタン製品の表面は、使用直前に必須の滅菌操作によって材料表面に腐食や亀裂を生じる可能性があり、LEB 照射滅菌による表面損傷が極力少ない滅菌法を検討したことは有意義と考えられた。臨床にお

いては、純チタンミニプレート等が複数回に渡って滅菌されることがあるので、今後は各滅菌方法に対して、複数回の滅菌処理後の純チタン表面性状を観察していく予定である。

(4) 研究を開始した 2 年間は、校舎の耐震工事期間と重なり、精密機器である電子線照射装置を使用することができなかった。そのため、最終年度に予定していた、一回および複数回の電子線照射による滅菌操作の両方を行ったにもかかわらず、一回の電子線照射による研究成果を取りまとめるまでの段階で終わった。今後は複数回の電子線照射による研究成果を取りまとめるとともに、新たな研究費を獲得できれば、チタン円柱状試料に対する電子線照射の指向性の検討も行いたい。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

伊藤圭一、金谷 貢、野村章子、低エネルギー電子線照射がポリメチルメタクリレートレジンの吸水性と表面硬さに及ぼす影響、明倫短期大学紀要、査読有、Vol.18、No.1、2015、pp.14-19  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/40020510627>

伊藤圭一、金谷 貢、野村章子、低エネルギー電子線照射がポリメチルメタクリレートレジンの接着性に及ぼす影響、明倫短期大学紀要、査読有、Vol.18、No.1、2015、pp.20-24  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/40020510627>

伊藤圭一、金谷 貢、野村章子：低エネルギー電子線照射がポリメチルメタクリレートレジンの吸水性、表面硬さならびに接着性に及ぼす影響、日本歯技、査読無、Vol.555、2015、pp.33-39

Kyosuke Ito, Akiko Nomura, Shuichi Nomura, Kouichi Watanabe、Effects of low-energy electron beam irradiation on flexural properties of self-curing acrylic resin, J Prosthodont Res、査読有、Vol.58、No.1、2014 pp. 55-61  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1883195813001278>

[学会発表] (計3件)

金谷 貢、野村章子、泉 健次、低エネルギー電子線照射滅菌が純チタン表面におよぼす影響  
オートクレーブと低温ガスプラズマ滅菌との比較、第67回日本歯科理工学会学術講演会、平成28年4月17日、九州大学百年講堂(福岡)

野村章子、伊藤圭一、金谷 貢、佐野裕子、石川俊一:歯科用低エネルギー電子線照射装置の開発、  
明倫短期大学学会第13回学術大会、平成26年12月13日、明倫短期大学(新潟)

木村 純、伊藤 真城、300mm照射幅ライン照射型電子線源「EB エンジン」及び各種紫外線光源の紹介、第58回UV/EB研究会、平成26年11月7日、住友クラブ(東京)

内山 圭吾(UCHIYAMA, Keigo)  
浜松ホトニクス株式会社

木村 純(KIMURA, Jun)  
浜松ホトニクス株式会社

石川 昌義(ISHIKAWA, Masayoshi)  
浜松ホトニクス株式会社

石川 俊一(ISHIKAWA, Shunichi)  
東伸洋行株式会社

6. 研究組織

(1)研究代表者

野村 章子(NOMURA, Akiko)  
明倫短期大学・歯科技工士学科・教授  
研究者番号:80134948

(2)研究分担者

金谷 貢(KANATANI, Mitsugu)  
新潟大学・医歯学系・助教  
研究者番号:40177499

野村 修一(NOMURA, Shuichi)  
新潟大学・医歯学系・教授  
研究者番号:40018859

伊藤 圭一(ITO, Keiichi)  
明倫短期大学・歯科技工士学科・講師  
研究者番号:60389955

佐野 裕子(SANO, Yuko)  
明倫短期大学・歯科技工士学科・教授  
研究者番号:30300099

(3)研究協力者

伊藤 恭輔(ITO, Kyosuke)  
新潟大学・医歯学系

原口 大(HARAGUCHI, Dai)  
浜松ホトニクス株式会社